



Presentación de Proyecto de Tesis Doctoral

***CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO URBANO A PARTIR DE LA
TECNOLOGÍA DE ESCÁNER LÁSER TERRESTRE, ENFOCADO
AL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR.***

Doctorando: **Juan Manuel Corso Sarmiento.**

Arquitecto

Director: **Dr. Josep Roca Cladera**

Co-Director: **Dr. Felipe Buill Pozuelo**

Centro de Política de Suelo y Valoraciones UPC

Departamento De Construcciones Arquitectonicas I
Escuela Técnica Superior De Arquitectura
Universidad Politécnica De Cataluña
Barcelona, junio de 2010.

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO URBANO A PARTIR DE LA TECNOLOGÍA DE ESCÁNER LÁSER TERRESTRE, ENFOCADO AL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR.

RESUMEN DEL PROYECTO

Existe una creciente preocupación en cuanto al impacto climático generan las grandes ciudades, como consecuencia de diversos factores, entre los cuales destacan los relacionados con la edificación.

Basado en ello y por medio de la información proveniente de la tecnología de escáner láser terrestre (Terrestrial Laser Scanner TLS), se busca estudiar dos factores de dicho comportamiento térmico, en torno a la radiación solar, desde la volumetría de fachada en un ámbito urbano-arquitectónico y su relación con el albedo de las superficies.

Esta información se extrae de las “*imágenes*” de rango en cuanto al detalle volumétrico y la información de color e intensidad (reflectancia), para identificar ciertos grupos de materiales en relación al albedo, analizando hasta qué punto se puede lograr un reconocimiento y clasificación alrededor de este tema específico.

Para ello es importante generar metodologías que permitan la interacción entre bases de datos, confrontando la información del TLS con la catastral, en la búsqueda de detalles de fachada o alteraciones de la edificación, en cuanto a la volumetría, resaltando la gestión mediante la construcción de modelos paramétricos, utilizando los sistemas de información geográfica como plataforma intermedia en la administrar los datos.

Con el modelo se procederá a realizar el estudio de la radiación solar, mediante herramientas de simulación, tanto del modelo volumétrico obtenido con la información del TLS, como del modelo generado con la información catastral, valorando la aportación que genera la información adicional proveniente de la tecnología de laser escáner, sobre puntos específicos de una trama urbana concreta, utilizando como caso de estudio preliminar el casco histórico de Lloret de Mar.

PROBLEMÁTICA

- La ciudad crea su propio clima, eleva las temperaturas en relación con el campo circundante, influyendo en mayor o menor medida en los elementos climáticos¹.
- Los factores ambientales sumados con las alteraciones que genera la estructura urbana y la contaminación, dificultan por su complejidad el estudio del impacto de las edificaciones, como factor determinante del confort térmico en la ciudad.
- Las tecnologías actuales (como la teledetección²), permiten realizar un estudio completo del estado actual de las ciudades en término de temperaturas y radiación, pero no permiten interactuar con esta información aislando parámetros específicos, como los factores morfológicos o propiedades de las fachadas, necesarias para entender el comportamiento de los elementos construidos, en relación al microclima entre la escala arquitectónica y la urbana.
- La información resultante de la adquisición de datos de la realidad mediante la tecnología de Escáner Láser Terrestre no es de fácil acceso para Arquitectos y Urbanistas, dada la complejidad de su manipulación, por la cantidad de datos que retrasa los tiempos de procesamiento y porque no está generada en formatos adecuados para su aprovechamiento en programas propios de la profesión, como herramienta de toma de decisiones a nivel de planeación y diseño.

¹ BRETON, Françoise, Percepció pública i política del canvi climàtic a Catalunya (Documents de recerca; 14), consell Assesor per al Desenvolupament Sostenible, Puresa, S.A., Barcelona, 2008, ISBN 9788439378037, pág. 9-31

² LÓPEZ, Antonio, El clima urbano. Teledetección de la isla de calor en Madrid, ministerio de obras públicas, secretaria de estado para políticas de Agua y el medio ambiente, Madrid, 1993, pág 18-28

OBJETIVO GENERAL

A través del análisis de “imágenes” provenientes de la tecnología de escáner láser, generar un modelo paramétrico teórico, aproximado a la realidad, que permita el estudio por simulación de la radiación solar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Objetivo 1: Realizar un análisis crítico de la evolución de las ciudades en relación al cambio climático.
- Objetivo 2: Enfatizar la importancia del diseño y la planeación en relación a la afectación del medio ambiente, centrándonos en el comportamiento de las ciudades ante la radiación solar
- Objetivo 3: Identificar los niveles de detalle geométrico y de materiales necesarios para un análisis de radiación solar urbana, para ser extraído de la información del escáner láser.
- Objetivo 4: Generar una metodología que permita registrar las proporciones y ubicación de los elementos que constituyen las fachadas, al comparar el levantamiento de escáner láser terrestre con el escaneo virtual del catastro, mediante la segmentación de “imágenes” por distancia.
- Objetivo 5: Corregir la información de intensidades, para ser utilizada como información de reflectancia, en relación a propiedades de los materiales y su albedo.
- Objetivo 6: Relacionar la información de color e intensidad como propiedades de materiales, dentro del modelo de simulación, permitiendo estudiar su impacto en la distribución térmica del modelo.
- Objetivo 7: Generar un vocabulario de formas y reglas que permitan la construcción de un modelo urbano paramétrico, enfocado al análisis de la radiación solar, teniendo en cuenta informaciones vinculadas al modelo como la información del material.
- Objetivo 8: Generar una metodología que permita la interacción entre bases de datos, provenientes de la información extraída del láser escáner con el modelo paramétrico urbano, utilizando como herramienta intermedia los SIG.
- Objetivo 9: Mediante herramientas de simulación determinar los análisis pertinentes en relación a la radiación solar urbana, tanto de los materiales como del conjunto volumétrico.

HIPÓTESIS

Se plantea que la tecnología de escáner láser terrestre proporciona una información útil, para el análisis de la dimensión técnica de material, forma y energía de la radiación solar en el ámbito urbano-arquitectónico.

DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Se realizara el modelo del casco histórico de **Lloret de Mar**, una ciudad de la comarca de la Selva, en la provincia de Gerona, España. El análisis por simulación del modelo se realizara en puntos específicos del este sobre el carrer de la Vila y carrer Venecia, con 122 posiciones de escaneo y una distancia de 650 metros lineales de calle.

Figura 10: Plano parcial del casco histórico de Lloret de mar. Resaltando el carrer de la Vila y carrer Venecia, con 122 posiciones de escaneo y una distancia de 650 metros lineales de calle.



Fuente: propia

VIABILIDAD

La información base se obtiene del “Pla Especial de Lloret de Mar”, que fue realizado con el apoyo del Centro de Política y valoración del Suelo Urbano, mediante la documentación de tres sub-zonas, a través del levantamiento con Escáner Láser Terrestre de tiempo de vuelo RIEGL z420i. En el cual se corrigió la información catastral confrontándola con la información del levantamiento y se realizaron modelos urbanos 3d a partir de la extrusión de este catastro.

El levantamiento consistió en tomas de datos cada diez metros, con ángulos de $180^\circ \times 80^\circ$ orientados a una sola fachada por posición, con una ángulo de escaneo de 0.08° , también se realizaron posiciones desde los puntos más altos del casco histórico con un ángulo de 0.03° , como se ilustra la figura 11.

Figura 11: Imagen de intensidad y color tanto desde la calle como desde una azotea.



Fuente: propia.

ESTADO DEL ARTE

1. RADIACIÓN SOLAR

En las ciudades el clima está condicionado por diversos factores naturales, a gran escala como con la latitud, o a escala mediana como con la topografía, pero a medida que las ciudades crecen y se desarrollan aparecen nuevos factores que cambian el clima local, alterando su propio clima y el clima de zonas rurales circundantes, contribuyendo a un calentamiento, que afecta no solo los climas en que se localizan, sino que toman un impacto global provocado por la actuación humana.

Este cambio del clima en las ciudades se ve reflejado en el efecto de Isla De Calor (Urban Heat Island UHI), por la dificultad que tienen de disipar el calor durante las horas nocturnas, alterando el clima especialmente en ciudades mayores de 100.000 habitantes, siendo directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana.

En donde la arquitectura y tecnología no se han desarrollado de forma independiente, los avances arquitectónicos siempre han estado supeditados a los desarrollos técnicos y de ingeniería, en el cual la revolución industrial ha dejado una huella, caracterizado por la contaminación, las superficies impermeables, los materiales que absorben el calor, la producción de calor por el alto consumo energético, en donde el diseño de la propia ciudad.

Los principales factores de esta elevación de temperatura son:

- **Factores de las edificaciones**, la morfología de la ciudad favorece en mayor o menor medida la acumulación del calor, igualmente influye en las variables asociadas al rendimiento energético³. Complementario al factor volumétrico en el diseño esta el adecuado uso de los materiales, los cuales retienen o reflejan dicho calor.
- **La contaminación**, que altera la llegada de radiación solar e intercepta la terrestre, origina núcleos de condensación.
- **Falta de vegetación**, En diversos estudios se muestra la relación directa entre las altas temperaturas urbanas y la falta de vegetación⁴, resaltando el efecto de evaporación de estos en dicha regulación.
- **La actividad industrial y doméstica (calor antropogénico)**, genera un aporte de calor al medio, en particular los sistemas de refrigeración en la ciudad forman parte de un círculo vicioso, ya que generan calor extra y su uso se incrementa con la temperatura. Algunos autores explican la isla de calor como un efecto invernadero local, pues los gases se encierran en un solo lugar provocando una cápsula de gases que absorbe calor del sol.
- **Patrones del agua**, el agua y la humedad ejerce un gran impacto debido a los procesos de evaporación, especialmente en zonas verdes.

Dada la información base sobre la que se construirá el modelo a analizar, solo se desglosarán las variables de los factores de las edificaciones, tocando de ésta únicamente dos variables, la volumétrica y las propiedades de los materiales (albedo, color y superficies acristaladas).

La morfología urbana en relación a las superficies que reflejan el calor

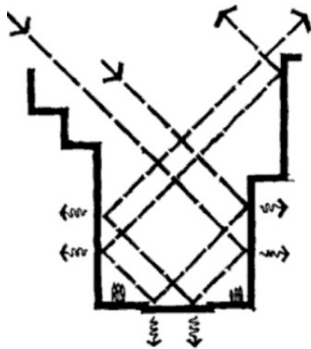
“las estructuras urbanas tienen múltiples caras: tejados, muros y calles, actúan como reflectores múltiples, absorbiendo la energía calorífica y reflejándola de nuevo hacia otras superficies, y así toda la ciudad acepta y almacena el calor”⁵

³ RATTI, Carlo, BAKER, Nick, STEEMERS, Koen, Energy consumption and urban texture. Energy and buildings, V.37, pág 762-776, 2005.

⁴ AKBARI, Hashem, "Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees," Energy and Buildings - Special Issue on Urban Heat Islands and Cool Communities, 25(2), 1997, pág. 139-148

⁵ HOUGH, Michael, Naturaleza y Ciudad, planificación urbana y procesos ecológicos, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2004, pág. 241-247

Figura 1: Los muros verticales reflejan la radiación solar hacia el suelo y paredes de los edificios. Las superficies impermeables de muros y suelo reciben y almacenan calor.



Fuente: LOWRY, William R., The Climate of Cities, Scientific American 217, 1967, pág 15-23.

Dicha acumulación de calor se concentra gracias a un efecto cañón, en donde los edificios altos con múltiples reflexiones horizontales de la radiación recibida, aumentan la probabilidad de que esta energía permanezca en el suelo, lo cual vemos en la figura 1.

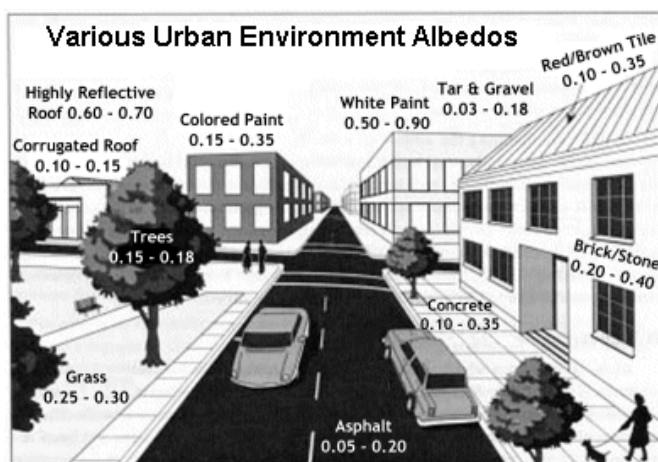
El material: su albedo, capacidad térmica y color

La energía solar se refleja y conduce de forma desigual por la ciudad, en el cual se destaca las propiedades de los materiales.

La reflexión se debe principalmente al albedo, que es una medida de la tendencia de una superficie a reflejar radiación incidente, expresada en porcentaje, en otras palabras es la capacidad de reflejar en mayor o menor medida la radiación solar, en donde las superficies claras tienen valores de albedo superior a las oscuras, y las brillantes más que las mates. Por regla general, un color más claro absorbe menos calor que un color más oscuro. Las calles hechas de asfalto alcanzarán temperaturas mayores a aquellas alcanzadas por una calle hecha de hormigón relativamente nuevo. Como curiosidad el albedo medio de la Tierra es del 37-39% de la radiación que proviene del Sol.

Para una ciudad en conjunto, el albedo puede ser como mínimo de 10-15%, lo que significa que gran parte de la energía solar que llega, es absorbida por la ciudad. Además, la mayoría de los materiales de construcción empleados para la construcción de las ciudades se caracterizan por su inercia térmica y conductividad de calor, como esta ejemplificado en la figura 2.

Figura 2: Albedo de materiales en el entorno urbano artificial.

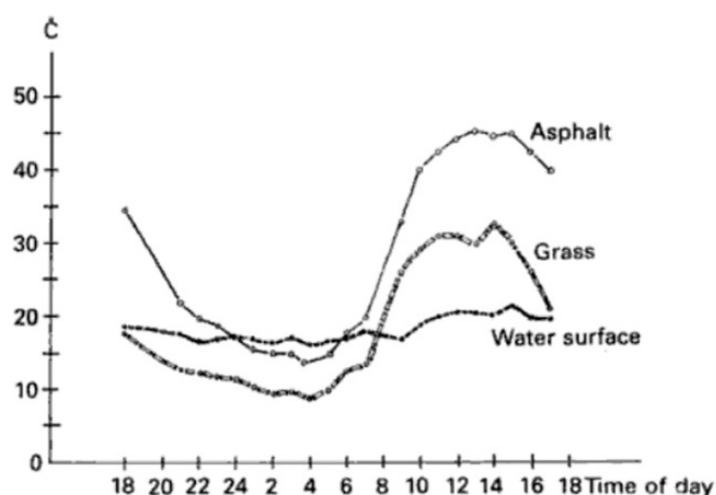


Fuente: Summary Report Urban Heat Island Effect, City of Las Vegas Office of Sustainability, 2010.

En donde la transmisión del calor llega a altas temperaturas, con mediciones de campo que indican que no es raro tener en un día de verano superficies al sol temperaturas del aire de 150 ° F (65 ° C)⁶, debido a que los elementos de los edificios usan un bajo albedo con una alta capacidad térmica, siendo la primera causa de las islas de calor.

La mayoría de materiales de construcción empleados en la construcción se caracterizan por la elevada capacidad de captación y conductividad del calor, los pavimentos, la piedra y hormigón de los edificios, almacenan y conducen el calor mucho más rápidamente que las superficies con vegetación. En la figura 3 se ejemplifican los comportamientos de algunos materiales en relación a la captación de calor.

Figura 3: Temperatura superficial de los materiales



Fuente: MEISS, Michael, The Climate Of Cities, en IAN C. Laurie (ed). Nature in Cities, Nueva York, 1979

1.1. ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR POR MEDIO DE LA TELEDETECCIÓN

En los últimos años se han añadido nuevos métodos de investigación relacionados al análisis urbano, siendo la teledetección⁷ con imágenes en infrarrojo térmico desde aviones y satélites una herramienta clave para medir el estado actual de las ciudades. Comparando periodos entre invierno, verano o la radiación de la ciudad a diferentes horas, permitiendo determinar la acumulación o liberación de radiación durante la noche.

Las imágenes satelitales cubren espacios muy extensos con un nivel de detalle limitado, como por ejemplo con el caso de estudio de la isla de calor nocturna de Madrid⁸, con un tamaño del pixel de 120 m metros, las imágenes desde avión con una altura de vuelo de 500 m permitieron una resolución mayor de 1.25 m pixel, con vuelos de 2400 m de altura una resolución de 6 m pixel. En esta investigación, la información térmica captada por el sensor remoto conocida como temperatura radiante, viene condicionada por tres categorías de causas: las derivadas de la naturaleza de los cuerpos emisores, las circunstancias del medio atmosférico por el que se transmiten las ondas electromagnéticas y, las características del sensor y la forma de tomar los datos.

La primera categoría mencionada se divide al mismo tiempo en cuatro:

⁶ BRYAN, Harvey Ph.D., A Simulation Tool For The Study Of Urban Heat Island Mitigation, SimBuild 2004, IBPSA-USA National Conference Boulder, CO, Agosto, 2004

⁷ FLORES Tovar, Henry; BALDASANO Recio, José M., Procesamiento digital de imágenes de satélites para la obtención de mapas de radiación solar : Aplicación a Cataluña, Tesis elaborada dins el Programa de doctorat: Enginyeria ambiental Tesi doctoral-Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria, 2001

⁸ Opcit, LOPEZ, Antonio, pág 55-66

La emisividad (ϵ): proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a una diferencia de temperatura determinada, ejemplo: un cuerpo negro remite toda, pero no así los cuerpos grises. La enorme variedad de objetos captados en una escena urbana por el sensor y los recursos que son necesarios para su análisis limitan la utilización de este factor.

Temperatura cinética: La registrada por el termómetro

Propiedades térmicas: Depende del estado térmico de los objetos y la transferencia de calor (sea por conducción, convección o radiación)

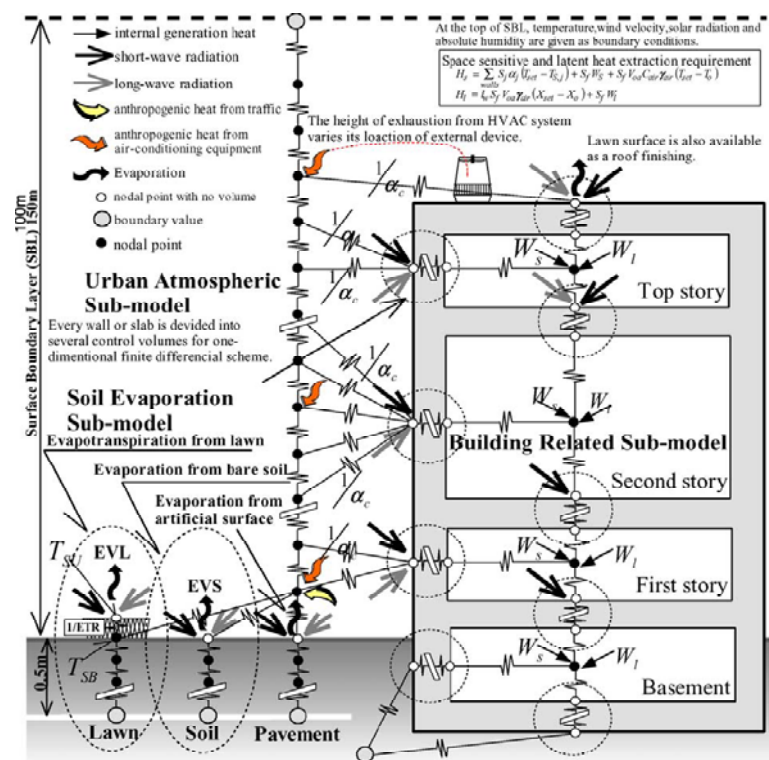
Tasa de calentamiento: Es el resultado principalmente de la intensidad y ritmo de absorción de la insolación solar. En el que interviene el albedo, los objetos que producen sombra, entre otros.

La atmósfera constituye otra fuente de distorsión entre las señales térmicas emitidas de las superficies y recibidas por el sensor, particularmente con el vapor de agua, el dióxido de carbono y los aerosoles entre otros.

1.2. Simulación de modelos urbanos 3D para análisis medioambientales

Las propiedades térmicas de las superficies de los materiales como el auto sombreado, sombreado por los edificios colindantes y el follaje, forman parte del análisis del estudio de la isla de calor, requiriendo una comprensión de la física de intercambio de calor radiante que implica la radiación solar directa, la radiación de onda corta de los materiales de los edificios y la capacidad térmica del material.

Figura 4: Metodología del programa AUSSSM TOOL



Fuente: TANIMOTO, Jun, An approach for coupled simulation of building thermal effects and urban climatology, Energy and Buildings, Volumen 36, Issue 8, 2004, Pág 781-793

Dicha comprensión tiende a ser tan compleja, en cuanto a física de intercambio de calor radiante a escala urbana, al punto que solo pueden ser modeladas con precisión mediante procesos de simulación⁹.

⁹ Opcit BRYAN, Harvey Ph.D.,

Para ello existen diferentes herramientas que permiten el análisis térmico edificios, que al mismo tiempo permiten el análisis a escala urbana, pero son pocas las aproximaciones que están enfocadas expresamente al ámbito urbano, a continuación exploraremos dos interpretaciones con respecto a la isla de calor desde aplicaciones de simulación.

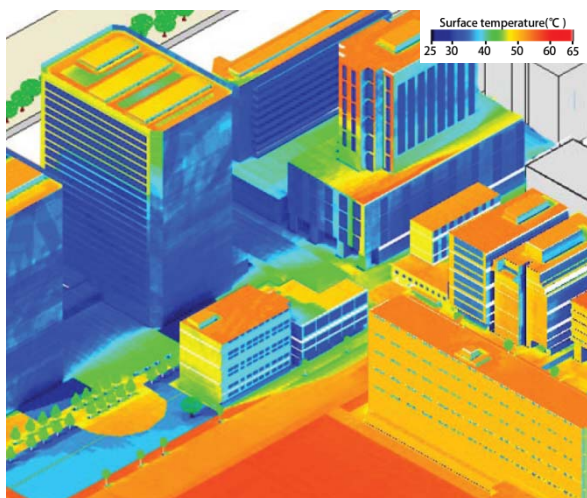
El primer enfoque es desde la perspectiva cuantitativa, en el cual Jun Tanimoto¹⁰ ha profundizado diversas aplicaciones en torno a la acumulación de calor, como lo es el análisis de los albedos, o con la herramienta AUSSSM, que permite el análisis de las complicadas variables que influyen en el calentamiento del entorno urbano, al relacionar parámetros como la temperatura del aire, el calor de los sistemas de aire acondicionado, el balance energético de calor, etc., en la compleja labor de evaluar la isla de calor urbana en una visión estadística.

La cual parte de la comprensión de los datos medioambientales del lugar de análisis, como la dirección y velocidad del viento, promedios de temperatura, radiación solar (directa y difusa), nubosidad, etc. Optimizar la interacción entre los materiales de construcción, las propiedades superficiales, las adyacencias (factores de vista) y la temperatura resultante de la superficie.

En este la metodología utilizada (figura 4) para estimar el efecto de isla de calor no se basa en la unión de sub modelos, sino como un modelo único autónomo, con un marco global que relaciona la construcción de sistemas térmicos, el ambiente urbano y el suelo que lo cubre.

El segundo enfoque es desde modelos de tres dimensiones, destaca los trabajos realizados por Kazuaki Nakaohkubo¹¹, simulando los efectos del intercambio térmico de volúmenes con materiales y arboles, figura 5.

Figura 5: Vista aérea de la distribución de temperaturas de las superficies (cielo despejado en verano a las 12:00 am) de un bloque urbano en Tokio



Fuente: NAKAOKUBO, Kazuaki, Development of support tool for outdoor thermal environmental design of urban/building using numerical analysis, Proceedings: Building Simulation 2007.

Este ejemplo de simulación tiene en cuenta factores urbanos y la interacción con herramientas de diseño, al convertir los modelos (Computer Aided Design CAD) en mallas 3D-voxel. Los factores urbanos analizados son dos basados en la temperatura de las superficies. El primero es el índice de Medida De Temperatura Radiante (Mean Radiant Temperature MRT) para evaluar el efecto de radiación en el confort térmico, y el otro es el potencial de Isla de Calor¹²

¹⁰ Aplicación de análisis del Albedo <http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.jp/e/index.htm>
<http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.jp/s/pari/hi.html>

¹¹ NAKAOKUBO, Kazuaki, Development of support tool for outdoor thermal environmental design of urban/building using numerical analysis, International Building Performance Simulation Association IBPSA, Proceedings: Building Simulation, Beijing, China, 2007.

¹² El algoritmo fundamental de este modelo de simulación se construyó por el estudio de Iino A, Hoyano A. 1998, con los datos de medición obtenidos mediante un estudio de teledetección aérea.

(HIP), que indica el calor sensible total de toda la superficie de la manzana urbana que se analiza.

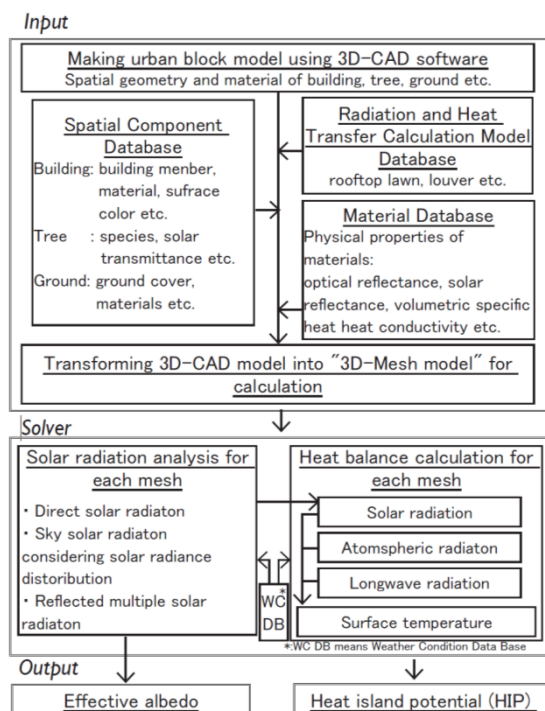
Permitiendo a su vez el cálculo del flujo de la radiación de onda corta, tanto de la radiación directa, la radiación difusa de cielo, la radiación solar reflejada en los edificios y las superficies de suelo y su albedo efectivo. Para dicha simulación se tomo como base la metodología de la figura 6.

El índice error medio cuadrático (Root Mean Square Error RMSE) se utiliza para el cálculo de la precisión (se establece un error medio que nos indica su precisión). Se utilizo 63.000 marcadores, como el número máximo estándar para el cálculo del RMSE.

“se llama precisión al grado de perfección o afinamiento con que se realiza una observación o se establece un resultado; dependerá principalmente de los aparatos utilizados, fórmulas empleadas y esmero de los observadores. Así pues, puede darse el caso de que una medida sea exacta sin ser precisa y viceversa.”¹³

Este proceso de análisis a partir de mallas voxels que relacionan cada fragmento del modelo con propiedades específicas, entendiendo esta fragmentación como predefinida, aceptando un nivel de error conocido, también permite la relación de diversos factores que intervienen en el proceso, especialmente la relación geometría material, en el albedo efectivo, tanto de la distribución de la radiación difusa solar en el albedo efectivo y la influencia de la posición de las ventanas en este albedo.

Figura 6: Metodología de la simulación



Fuente: NAKAOHKUBO, Kazuaki, Radiant Heat Transfer Model On 3d-Cad Based Thermal Environment Simulator And Its Applications To The Substantial Urban Area, The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, Julio 2009.

2. Tecnología de escáner láser terrestre

El Láser Escáner Terrestre se considera un dispositivo que almacena coordenadas en tres dimensiones de una región de la superficie de un objeto, de forma automática y con un patrón

¹³ SEVILLA, Miguel J., Teoría de errores de observación, Instituto de Astronomía y Geodesia. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Complutense, Física de la Tierra, Núm. 5. Editorial Complutense. Madrid, 1993, pág 135

sistemático, a un ritmo elevado de miles o millones de puntos por segundo, archivando esta información en tiempo real.

En comparación con otras tecnologías tiene una mayor productividad, en términos de adquisición de datos o puntos por unidad de tiempo y por el área que abarca (el escáner de tiempo de vuelo puede llegar a distancias de 300 metros o más en zonas abiertas, pero perdiendo a la distancia su precisión*), su alta resolución y precisión también lo distingue de otros medios.

Desde el punto de vista de su manipulación, simplifica la decisión de puntos a medir, ya que otros sistemas se basan en medir bordes o puntos y con el escáner se cubren superficies completas, evita el contacto directo al objeto escaneado, siendo importante cuando el objeto es de interés cultural y su última ventaja es que pocas personas son necesarias para coleccionar la información, permitiendo enfocar los recursos en el pos proceso.

El láser que se utilizará en esta tesis es el láser de tiempo de vuelo RIEGL z420i, el cual emite un pulso que se manda al objeto, la distancia entre el transmisor y la superficie reflectante es computada entre su transmisión y recepción. Esto permite alinear virtualmente un panorama de una cámara digital, con la nube de puntos, mediante una co-alineación de los dos sensores, puesto que la cámara está integrada en el instrumento, siendo conocida la distancia e inclinación exacta con respecto al escáner. Esta relación se puede formular por medio de la proyección de la matriz de rotación.

3. Segmentación de “imágenes” de Escáner Láser Terrestre

3.1. Modelos urbanos a partir de la Tecnología de Láser Escáner

Los modelos Urbanos basados en la información de escáneres aéreos LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) se constituyen en su mayoría como modelos urbanos de baja densidad, dentro de diversas plataformas populares como las “digital globes”, con diferentes tipologías de volumétrica, como los LOD 1 (level of detail 1), que se componen de bloques simples sin techo, los LOD 2 un techo detallado, LOD 3 con un cuerpo de geometría simple pero con el color de la textura.

Para estos modelos es fundamental la clasificación de nubes de puntos, desarrollados en su mayoría para ser interpretados posteriormente como modelos digitales de terreno (Digital Terrain Model *DTM*), pasando de un modelo digital de superficie (Digital Surface Model *DSM*) quitando el llamado “normalized digital surface model” *nDSM*, el cual es usado para la detección de los edificios y otros elementos, por medio de la segmentación y clasificación, logrando el reconocimiento de objetos pequeños (por un rango de altura), vegetación (por la rugosidad de la superficie) y los edificios.

Los escáneres terrestres también son usados para generar modelos urbanos de mayor resolución y detalle, al integrar información de fachada. Siendo un tema de constante investigación, especialmente sobre gestión de mallas y su simplificación, entendiendo que existen limitantes en dicha decimación de polígonos, siendo las esquinas las primeras en perder detalle al ser suavizadas las superficies triangulares, sobre todo cuando estos bordes están cerca unos de otros.

Por ello la información del escáner tiende a considerarse como información base, sobre la cual se generan modelos con cierto grado de interpretación, buscando el menor número de polígonos, y una estructura de información coherente.

3.2. Segmentación de “imágenes” por rango

Esta información en imágenes 2.5D facilita la aplicación de algoritmos comparado con las nubes de puntos en tres dimensiones, permitiendo la aplicación eficiente de procesamientos de

imágenes, con procesos estándares, ampliamente estudiados en la visión por computación, al punto de permitir la relación de diversas fuentes de información con imágenes de múltiples capas, logrando segmentaciones multispectrales.

En ellas se logran interpretar diversos parámetros, aparte de la posición, la intensidad o color, existe la relación de las coordenadas en tres dimensiones con las imágenes en dos en coordenadas esféricas, manteniendo la dirección de la normal, el ángulo del escáner y la distancia con el origen.

Pero la interpretación de las estructuras de fachada no son reconocibles de forma automática por las máquinas, por lo contrario las capacidades humanas permiten el fácil reconocimiento de los elementos que componen el espacio urbano, como la posición de los planos, la forma, el color, la tipología¹⁴. Por lo cual es preciso generar criterios que permita una identificación de estos elementos de forma semiautomática, mediante propiedades de clasificación, en el que el tamaño, posición y tipología se puedan reinterpretar, alguno de estos parámetros son¹⁵:

- Restricción de tamaño: Los elementos como paredes, ventanas y puertas se pueden distinguir fácilmente de otros elementos o segmentos con ruido por su tamaño.
- Posición determinada: Ciertos elementos sólo aparecen en determinadas posiciones. Por ejemplo, las ventanas y las puertas están siempre en las paredes, los techos son siempre en la parte superior de las paredes.
- Dirección determinada. Las paredes y techos son identificables por su dirección, por ejemplo las paredes casi siempre son verticales, por lo contrario las cubiertas no lo son.
- Topología restringida: Los elementos que constituyen un edificio tienen tipologías que relacionan sus partes, por ejemplo el terreno siempre se cruza con las paredes y los techos se interceptan con las paredes.
- Restricciones varias: Existen algunas relaciones que pueden permitir reconocimiento, pero no son fijas. Por ejemplo, a veces las zonas de ventanas suelen tener menor densidad de puntos, ya que el vidrio refleja un número menor de pulsos láser, en comparación con otras partes de un edificio, pero esto sólo es una restricción opcional de categoría, ya que a veces las ventanas están cubiertas con cortinas y reflejan más pulsos láser.

La clasificación y segmentación se realiza usualmente mediante tres tipos de algoritmos, el primero es la segmentación basada en los contornos la cual determina los orillos externos de las diferentes regiones y agrupa los puntos contenidos en ellas, enfatizado en las imágenes de rango en la que los puntos se combinan con las propiedades de las superficies como la normal, los gradientes, las curvas principales y otras variaciones distinguibles. También encontramos la segmentación basada en las superficies, que busca factores parecidos de las superficies como la medida, siendo un método menos sensible a el ruido de los datos, el último tipo de segmentación basada en líneas de barrido, en la que cada fila es considerada un barrido, que puede ser tratado independiente de los demás en la etapa inicial y se basa en el principio de que cada línea de barrido en cualquier plano 3D genera una línea 3D, detectando estas líneas y agrupando las similares puede formar superficies planas.

3.3. La información de intensidad

La intensidad es una medida de la intensidad de la señal electrónica obtenido por la transformación y ampliación de la potencia óptica reflejada. Esta es principalmente generada por la reflectancia de las superficies escaneadas, en donde esta reflectancia es la proporción

¹⁴ PU, Shi, Extracting Windows From Terrestrial Laser Scanning, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, Finland, 2007.

¹⁵ BOULAASSAL, H, Automatic Segmentation Of Building Facades Using Terrestrial Laser Data, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, September 12-14, Finland, 2007.

de retrodispersión de la radiación incidente en la longitud de onda del escáner láser en su ángulo de incidencia.

En los escáneres aéreos LIDAR esta información es ampliamente utilizada, al punto de ser el primer paso realizan una exploración de la intensidad¹⁶, lo cual es en principio igualmente posible con escáneres terrestres.

Pero en los escáneres terrestres su aplicación es más compleja, ya que algunos problemas impiden su exploración directa, por ejemplo la información no es mapeada de forma lineal, también el efecto de la saturación y las variaciones de emisión son desconocidas. Por lo cual estas mediciones se usan muy poco, y normalmente su objetivo es apoyar el análisis visual de una nube de puntos, sin embargo, tienen un potencial para aplicaciones más sofisticadas como el registro o la clasificación por la propiedad superficie del material¹⁷.

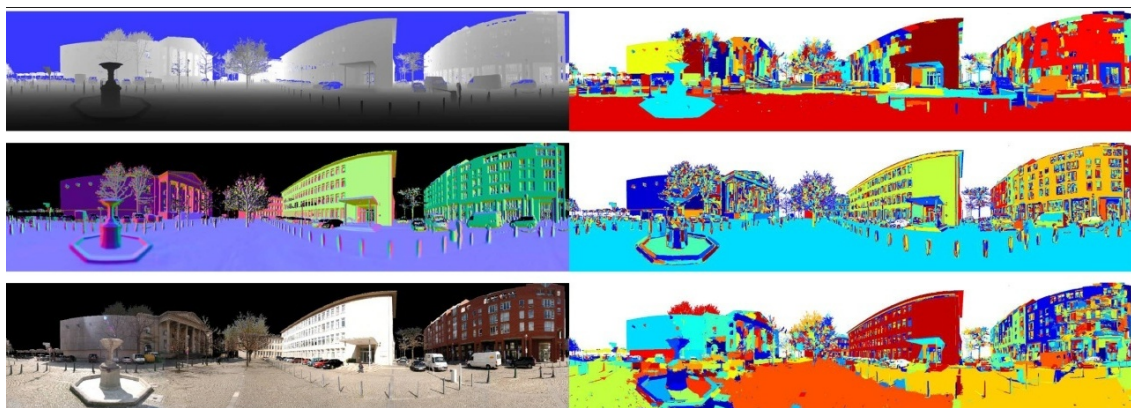
3.4. El color y análisis de materiales

La fotografía digital ha sido ampliamente utilizada para el reconocimiento y registro de patologías¹⁸, proporcionando información en el espectro visible e infrarrojo cercano, generando imágenes rectificadas y clasificadas por métodos automáticos. Busca obtener posiciones precisas de los materiales y de las patologías sobre las fachadas, medidas de distancia y áreas de entidades arquitectónicas, y documentos estadísticos que verifican la precisión alcanzada. En donde las imágenes métricas y la información extraída pueden administrarse directamente como capas o niveles de información en sistemas GIS y CAD.

3.5. Caso de estudio

En el ejemplo presentado a continuación se realizó una segmentación usando el algoritmo de Comaniciu y Meer del 2002, llamado "Mean – Shift segmentation"¹⁹, una segmentación basada en el rango y relación de puntos cercanos. Mediante este algoritmo se procedió a segmentar diferentes informaciones, obteniendo piezas de menor o mayor tamaño dependiendo de las propiedades de la información base, identificando las relaciones de la geometría y las propiedades de los materiales, como el agua de la fuente, o los colores de una misma fachada, lo cual demuestra el potencial de trabajar la información del escáner terrestre como imágenes de múltiples capas, como lo ejemplifica la figura 7 y 8.

Figura 7: A la izquierda en orden la imagen de rango, normales y color. A la derecha los resultados de la segmentación usando el algoritmo "mean-shift", segmentación por rango (superior derecha), segmentación de las normales (medio derecha), segmentación de la imagen de color verdadero (inferior derecha)



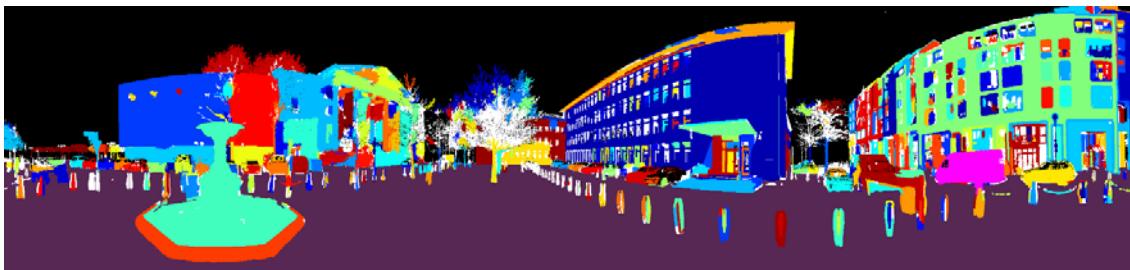
¹⁶ ULLRICH, Wagner, Gaussian Decomposition and Calibration of a Novel Small-Footprint Full-Waveform Digitising Airborne Laser Scanner. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volumen 60, Issue 2, Abril, 2006, Pág 100-112.

¹⁷ PFEIFERA, Norbert, Investigating Terrestrial Laser Scanning Intensity Data: Quality And Functional Relations, "International Conference on Optical 3-D Measurement Techniques VIII", ISBN: 3-906467-67-8, pág 328 – 337, 2007.

¹⁸ LERMA, José Luis, Clasificación multispectral de imágenes digitales para el reconocimiento y caracterización de materiales y patologías en fachadas arquitectónicas, Tesis Doctoral, Departamento De Ingeniería Cartográfica, Geodesia Y Fotogrametría, Universidad Politécnica De Valencia, 1999

¹⁹ BARNEA, Shahar, Segmentation Of Terrestrial Laser Scanning Data By Integrating Range And Image Content, Congreso, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Beijing, Julio, 2008.

Figura 8: Resultado de la segmentación corregida integrando las tres segmentaciones anteriores. La de rango, normales y color.



Fuente: BARNEA, Shahar, Segmentation Of Terrestrial Laser Scanning Data By Integrating Range And Image Content, Congreso, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Beijing, Julio, 2008.

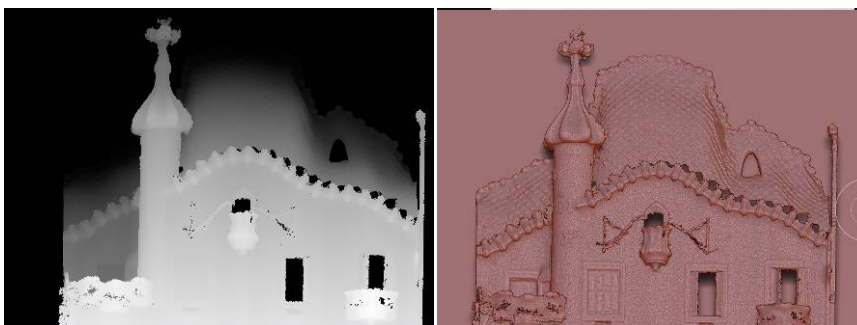
3.6. Escaneo virtual y renderizado de profundidades

En los gráficos por computación e ingeniería inversa existen diversas formas de convertir una información de tres dimensiones en dos dimensiones, en donde el color se convierte en los datos de altura, por lo cual se conocen como imágenes 2.5D. Basándose en diversas técnicas como:

- Escaneo virtual de un modelo 3d
- El renderizado de profundidad
- Las que exploraran la información precisa en el modelo; correspondencia de vértices, estableciendo una conexión uno a uno entre los vértices de la malla simplificada y el modelo de alta resolución.
- Las basadas en “raytracing” y enfocadas a “render-to-displacement-map”²⁰.
- Mapa de desplazamiento mediante modelos de nubes de puntos filtrados sobre dos ejes²¹.

El renderizado de profundidad en gráficos por computadora conocido como z-buffering o buffering de profundidad, es la representación de la profundidad de una escena basada en el punto de vista de una cámara mirando un plano, usada generalmente gestionar las coordenadas de profundidad de las imágenes en los gráficos en tres dimensiones, calculados por hardware o software, solucionando problemas de visibilidad.

Figura 9: Modelo 3D construido a partir de una imagen de desplazamiento 2.5D



Fuente: propia

²⁰ TISEVICH, Ilya, Displacement and Normal Map Creation For Pairs of Arbitrary Polygonal Models Using GPU and Subsequent Model Restoration, Department of Computational Mathematics and Cybernetics Moscow State University, Moscow, Russia, 2007.

²¹ NEUBAUER, W., combined high resolution laser scanning and photogrammetrical documentation of the pyramids at giza, CIPA 2005 XX International Symposium, Torino, Italy, 2005

4. Modelos Paramétricos de Ciudad (Building Information Modeling BIM)

Modelar una ciudad genera problemas para los gráficos por computación, por ello los modelos urbanos paramétricos han tenido tanta aceptación, en mayor medida en el campo del entretenimiento, dada la alta demanda de una rápida creación de escenarios complejos, que sean altamente controlables para los usuarios, basado en reglas jerárquicas. Siendo destacada la metodología aplicada por Pascal Müller²².

Dicha metodología tiene como base la generación de vías, usando el sistema-L**, las aéreas entre las vías se subdividen para definir los lotes sobre los cuales se colocan los edificios volumétricos. El siguiente paso se aplica otro sistema-L, en el cual los edificios se generan a través de operaciones "booleans", sobre el volumen. Finalmente un proceso de análisis interpreta el resultado de la visualización del programa, mostrando tanto la geometría como las texturas aplicadas a esta. Este sistema basa su construcción con un orden predeterminado llamado "sucesor ideal", con metas tanto locales como globales en su construcción y al mismo tiempo es un sistema auto sensible, dándole estabilidad.

En cuanto a la información para la construcción del modelo existen diversos inputs, como los mapas geográficos (mapas de elevaciones modelos digitales de terreno MDT, mapas de agua, tierra y vegetación), los mapas de estadísticas (densidad de la población, mapas de zonificación residencial, comercial o usos mixtos, patrones de vías control de comportamiento de las vías), los mapas de elevaciones de los edificios (altura máxima de la edificación).

Con esta metodología se ha creado un programa llamado Cityengine, que permite cierto grado de programación para la construcción de los modelos a través del lenguaje de programación de python.

Un ejemplo de gestión de bases de datos de modelos paramétricos urbanos se da con el proyecto Roma Reborn²³, de la Roma antigua del año 320 AD, con el objetivo de presentar visualmente teorías e hipótesis de cómo era la capital del Imperio Romano. El modelo se construyó con referencias históricas y topográficas, como planos antiguos, textos históricos, estudios arqueológicos y como base se tomó el modelo físico escala 1:250 de "Plastico di Roma Antica" creado por Italo Gismondi 1936-1974, el cual está actualmente en el "Museo della Civiltà Romana", siendo una interesante hipótesis de ciudad.

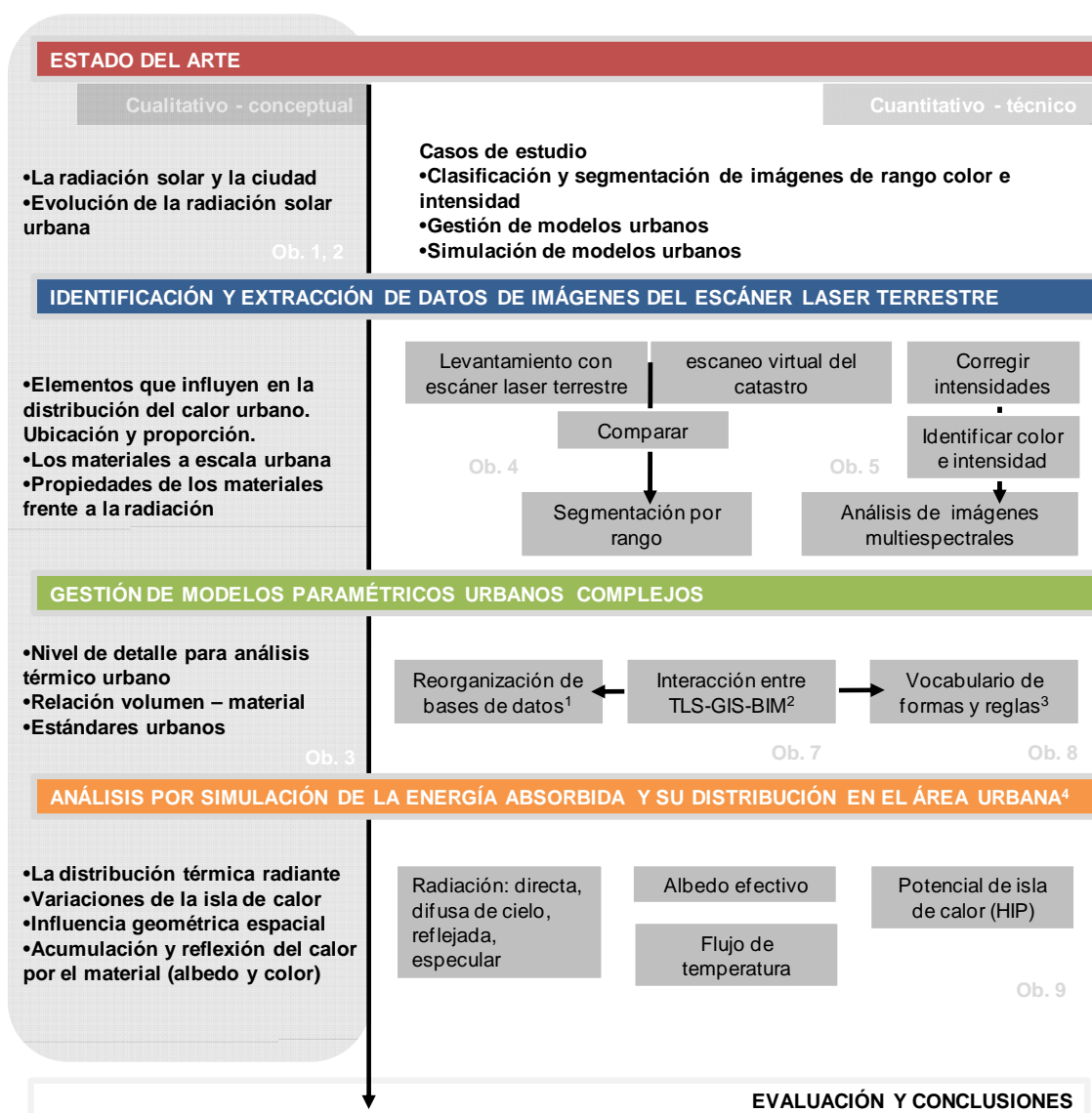
Esta maqueta de un tamaño de 16 x 17.5 m con edificaciones de 2 cm de alto, fue mallada a partir de la información obtenida de un láser radar FM CW, con una malla de 260 millones de polígonos. Se decidió remallar el modelo para reconstruirlo de forma hipotética, en base a los nuevos descubrimientos arqueológicos. Igualmente esta malla fue utilizada para encontrar elementos repetitivos, los cuales una vez identificados se analizan, numeran y posicionan, como mediador entre la maqueta real y el modelo hipotético, clasificándola en 20 tipologías de edificio diferentes.

El modelado de los edificios se generó de dos formas diferentes, una a partir del modelado manual generado y utilizando un vocabulario de formas y reglas, reconstruyendo diferentes modelos caracterizados en reglas comunes. Con este proceso se modeló elementos como los muros de la ciudad, templos y acueductos en el río Tevere.

²² PARISH, Yoav I. H., MÜLLER, Pascal,. Procedural Modeling of Cities, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001. MÜLLER, Pascal,. Design und Implementation einer Preprocessing Pipeline zur Visualisierung prozedural erzeugter Stadtmodelle, Tesis, Orientador: Markus Gross, Computer Graphics Laboratory ETH Zürich, Switzerland, 2001. MÜLLER, Pascal,. Prozedurales Modellieren einer Stadt, Tesis del primer semestre, Orientador: Markus Gross, Computer Graphics Laboratory ETH Zürich, Switzerland, 1999.

²³ GUIDI, Gabriele, BERNARD, Fitcher, LUCENTI, Ignazio, Rome Reborn – Virtualizing The Ancient Imperial Rome, Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop, "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", ETH Zurich, Switzerland, 2007

METODOLOGÍA



1. Bases catastrales. Mapas geográficos, de estadísticas y de elevación de los edificios.

2. (TLS) Laser escáner terrestre, (GIS) Sistemas de información geográfica, (BIM) modelado de información para la edificación

3. Programación en python, basada en estudios de Pascal Müller.

4. Basado en los modelos planteados por Kazuaki Nakaohkubo, usando mallas 3d-voxel.

La metodología parte del **objetivo 1 y 2**, en la cual se confronta la relación de las ciudades en el clima, tanto de su impacto, como de la evolución que ha tenido desde la revolución industrial, resaltando la importancia del diseño y planeación en un aspecto concreto como lo es la radiación solar dentro del marco de la afectación que se da con el efecto Isla de Calor en las grandes ciudades.

Posterior a esta contextualización en el problema a abordar, sigue la identificación de factores a analizar en relación a la radiación solar, que puedan ser extraídos de la tecnología de escáner láser terrestre, enfocados al **objetivo 3** en cuanto a la definición de criterios, niveles de detalles y propiedades necesarias para análisis posteriores.

Ya definida la información necesaria se continuara con el **objetivo 4**, al comparar la información del levantamiento de escáner láser terrestre con el catastro (este se modelara al extrudir el parcelario con las alturas edificadas), utilizando para ello como punto de correlación la información del escaneo y la matriz de rotación del escáner, para simular un escaneo virtual

o el renderizado de profundidad, que imiten el levantamiento real, permitiendo comparar estas dos informaciones, una teórica volumétrica y otra de detalle del TLS. Extrayendo las propiedades previamente definidas de proporción y ubicación de los elementos de las fachadas, apoyado en estudios de segmentación y clasificación.

Complementaria a esta extracción geométrica de elementos de fachada, se buscara corregir la información de intensidades, **objetivo 5**, mediante la información de posicionamiento del escáner y la comparación del volumétrico catastral, buscando identificar las propiedades de reflectancia de los materiales escaneados, que permitan el análisis del albedo efectivo. Dicha extracción tiene que pensarse para ser incluida en el modelo de simulación, por lo cual en el objetivo 6 se buscara la relación de la información de intensidades con la de color, complementando la información del material, para aplicarla sobre el modelo de simulación, ya que la relación de la intensidad, el color y la geometría del modelo son dependientes en cuanto al análisis urbano-arquitectónico de la radiación solar.

Una vez identificados los detalles geométricos y las propiedades de los materiales, se procederá a generar un vocabulario de formas y reglas, **objetivo 7**, que permita la construcción de un modelo paramétrico de ciudad, pensando en la interacción de la información, mediante el desarrollo de una metodología descrita en el **objetivo 8**, que permita al relacionar la información proveniente de la tecnología de escáner láser, con el modelo paramétrico, a través de las herramientas de sistemas de información geográficas,

Una vez se tenga el modelo paramétrico urbano se procederá a realizar los análisis del **objetivo 9**, mediante herramientas de simulación, utilizando únicamente el escenario de verano, descartando las variables de precipitación, nubosidad, etc, para solo analizar el modelo desde la energía de la incidencia solar sobre el volumen y la energía que reflejan las superficies por su material.

PLAN DE TRABAJO

INTRODUCCIÓN

La radiación solar en la historia urbana, la ciudad y el clima.

Conceptos básicos de la tecnología de Láser Escáner Terrestre (TLS)

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. La radiación solar y la ciudad

1.1.1. Factores de la Isla de Calor Urbana

1.1.2. Características de la radiación solar

1.1.3. Casos de estudio por simulación de la radiación urbana por simulación volumétrica y de materiales.

1.2. Gestión de modelos paramétricos de ciudad ("Rome Reborn")

1.3. Extracción de información del Escáner Láser Terrestre

1.3.1. Segmentación de imágenes de rango

1.3.2. Segmentación por color e intensidad

1.3.3. Segmentación por normal, distancia y ángulo

1.3.4. Tratamiento de imágenes multiespectrales

1.3.5. Metodologías de extracción de la información segmentada y clasificada

1.4. Caso de estudio propuesto, levantamiento con un escáner láser de Lloret de Mar

2. CLASIFICACIÓN, SEGMENTACIÓN Y RELACIÓN ENTRE IMÁGENES DE RANGO, COLOR E INTENSIDAD

2.1. Comparación de imágenes de rango

2.1.1. Escaneo virtual del catastro por medio de las matrices de rotación

2.1.2. Comparación del volumétrico catastral en imágenes 2.5 D contra el levantamiento de escáner láser terrestre.

2.1.3. Identificación de cambios volumétricos de fachada, ubicación y proporción

2.2. El color e intensidad

2.2.1. Clasificación del color según características térmicas

2.2.2. Corrección de la información de intensidad

2.2.3.La reflectividad de superficies y la ausencia de datos, en relación al albedo y superficies acristaladas

3. MODELOS PARAMÉTRICOS Y LA INFORMACIÓN EXTRAÍDA DEL ESCÁNER LÁSER TERRESTRE

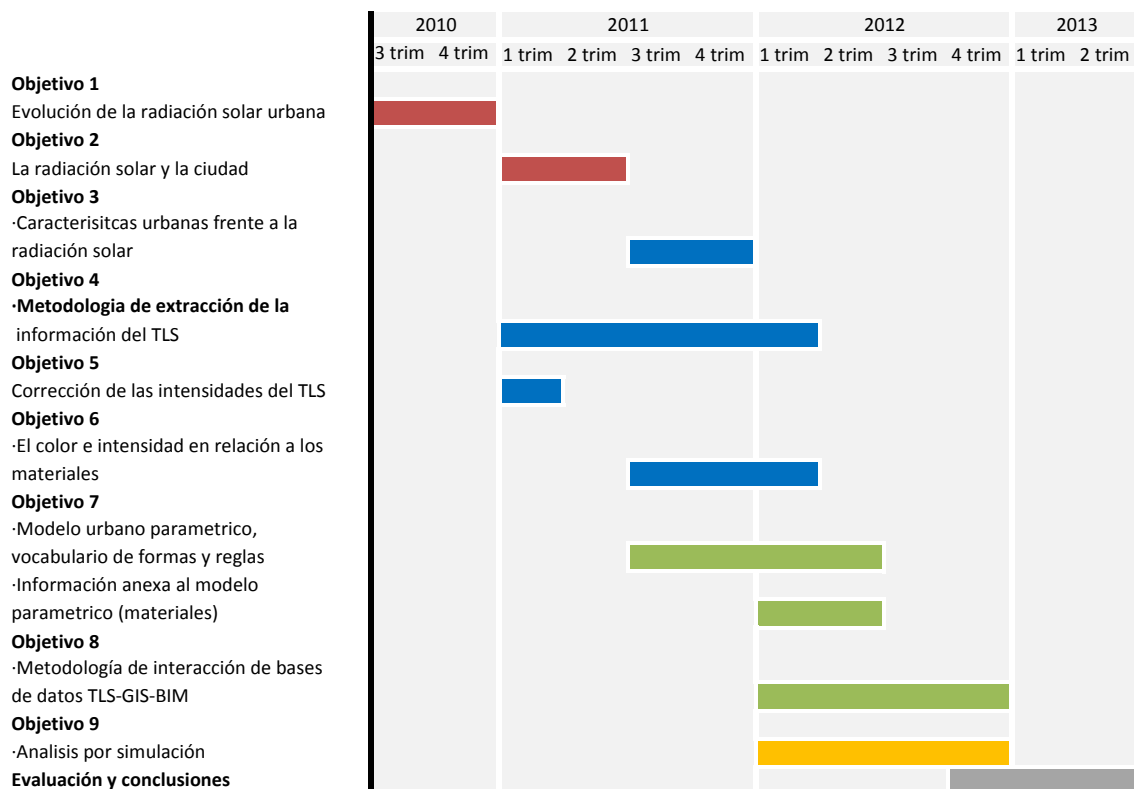
- 3.1. Detalle necesario para generar un modelo de radiación urbana
- 3.2. Relación de TLS, GIS y BIM a escala urbana (pasar del panorama a una base de datos y esta a la construcción de un modelo teórico)
- 3.3. La información entre posiciones de escaneo con herramientas de Sistemas de Información Geográfica
- 3.4. Gestión de modelos paramétricos
 - 3.4.1. La aplicación de reglas en la construcción de modelos paramétricos urbanos
 - 3.4.2. Construcción de modelos a partir de mapas
 - 3.4.3. Estandarización urbana
- 3.5. Reconocimiento del color e intensidad en las superficies del volumen paramétrico

4. ANÁLISIS POR SIMULACIÓN

- 4.1. La energía incidente en el volumen edificado
 - 4.1.1. Cálculo del flujo de la radiación y el calor sensible
 - 4.1.2. Cálculo de la radiación de onda corta y el efecto cañón
- 4.2. Influencia de los materiales sobre el volumen en un análisis de radiación solar
 - 4.2.1. La morfología y el material sobre el albedo efectivo
 - 4.2.2. Influencia de la posición y proporción de ventanas en el albedo efectivo
 - 4.2.3. Relación del flujo de radiación sensible y el albedo efectivo
 - 4.2.4. Medida de temperatura radiante
 - 4.2.5. Potencial y variación de la Isla de Calor

EVALUACIÓN Y CONCLUSIONES

CALENDARIO



ESTUDIOS ANTERIORES

Tesis de master:

EXTRACCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LA TECNOLOGÍA DE ESCÁNER LÁSER TERRESTRE.

Comparación de procesos de reducción poligonal relacionados con los mapas de desplazamiento.

Director: Rolando Biere Arenas

La información resultante de la toma de datos mediante la tecnología de Escáner Láser Terrestre no es de fácil acceso para Arquitectos y profesiones afines, por la complejidad de su manipulación y la cantidad de datos que retrasa los tiempos de procesamiento. Por ello se plantea la comparación de los principales procesos de reducción y reconstrucción de mallas, en la búsqueda de una metodología que desarrolle un modelo manipulable, en el que su información se reorganice buscando su máximo aprovechamiento, con un modelo de baja resolución poligonal almacenando el detalle mediante mapas anexos a este modelo, estudiando la pérdida de datos y la reintegración de la información del modelo, en relación al modelo inicial y a la estructura de las mallas y de los mapas.

El estado del arte se enmarcó en dos campos, la reducción de mallas (ingeniería inversa y el modelado de alta resolución) y estudios relacionados con mapas de desplazamiento, como el escáner aéreo Lidar, los aportes del "Relectance Field", aplicaciones de modelado, animación y de tiempo real. Resaltando el trabajo de Jan Böhm, el cual amplió el estudio de los mapas de desplazamiento edificios.

Antes de confrontar los modelos se identificó el detalle de la información base, tanto del escáner de tiempo de vuelo RIEGL z420i, como el de triangulación Konica Minolta VIVID 910, en cuanto a la pérdida de información comparada con la nube de puntos y la definición del detalle. Posterior a ello se redujo el detalle de la superficie utilizando operaciones que promedian los vértices, permitiendo identificar la porosidad, las grietas y el relieve de la superficie. Siendo una referencia para los pasos posteriores de reducción de mallas y la extracción de los mapas de desplazamiento.

Las mallas reducidas se dividieron en dos grupos, de decimación poligonal con la reducción por curvatura y la clasificación de la nube de puntos y la reconstrucción de la malla con procesos semiautomáticos "Surface Phase" (compuesto por "Shape Phase" y "Fasion Phase") y la retopología como técnica de modelado. En cada proceso se comparan aspectos específicos en cada proceso de mallado, logrando identificar sus ventajas y desventajas.

Complementario a ello se analizó el comportamiento de los mapas de UV para cada modelo, permitiendo estructurarlos para su correcta lectura, desdoblándolos en plantas y fachadas, aprovechando al máximo el espacio del mapa.

Como evaluación de la extracción de la información, se re agrupó la información 2d con el modelo 3d, identificando la pérdida de información comparada con la malla inicial. Delimitando el nivel de subdivisiones que necesita la malla, para recuperar el detalle almacenado en los mapas.

También se analizaron los procesos de construcción de mapas de desplazamiento con modelos completos de fachada, para determinar los límites de la extracción del desplazamiento. Por medio de la técnica basada en "raytracing" (render-to-displacement-map), de correspondencia de vértices y los modelos generados a partir de nubes de puntos filtradas.

Como conclusión se realizó la evaluación de las mallas representativas de los procesos. Identificando las cualidades, defectos de cada una de ellas y sobre qué tipos de proyectos debe aplicarse cada metodología planteada, igualmente se generó una metodología general que considera las ventajas de cada proceso.

BIBLIOGRAFÍA PRELIMINAR

SOSTENIBILIDAD RADIACIÓN SOLAR

AKBARI, Hashem, "Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees," Energy and Buildings - Special Issue on Urban Heat Islands and Cool Communities, 25(2), 1997, pág. 139-148

BRETON, Françoise, Percepció pública i política del canvi climàtic a Catalunya (Documents de recerca; 14), consell Assesor per al Desenvolupament Sostenible, Puresa, S.A., Barcelona, 2008, ISBN 9788439378037, pág. 9-31

BRYAN, Harvey, Ph.D., A Simulation Tool For The Study Of Urban Heat Island Mitigation, SimBuild 2004, IBPSA-USA National Conference Boulder, CO, August 4-6, 2004

FLORES Tovar, Henry., BALDASANO Recio, José M., Procesamiento digital de imágenes de satélites para la obtención de mapas de radiación solar : Aplicación a Cataluña, Tesis elaborada dins el Programa de doctorat: Ingeniería ambiental Tesis doctoral-Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria, 2001

HOUGH, Michael, Naturaleza y Ciudad, planificación urbana y procesos ecológicos, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2004, pág. 241-247

LOWRY, William R, The Climate of Cities, Scientific American 217, 1967, pág 15-23.

LOPEZ, Antonio, El clima urbano teledetección de la isla de calor en Madrid, ministerio de obras públicas, secretaría de estado para políticas de Agua y el medio ambiente, Madrid, 1993, pág 18-28

MEISS, Michael, The Climate Of Cities, en IAN C. Laurie (ed). Nature in Cities, Nueva York, 1979

RATTI, Carlo, Energy consumption and urban texture. Publicado en Energy and buildings, V.37, ISSN 0378-7788, 2005, pág 762-776.

SIMULACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

NAKAOHKUBO, Kazuaki, Development of support tool for outdoor thermal environmental design of urban/building using numerical analysis, International Building Performance Simulation Association IBPSA, Proceedings: Building Simulation, Beijing, China, 2007.

NAKAOHKUBO, Kazuaki., Radiant Heat Transfer Model On 3d-Cad Based Thermal Environment Simulator And Its Applications To The Substantial Urban Area - Influence Of Spatial Geometry Of Urban Block On Effective Albedo And Sensible Heat Flux, The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, Julio 2009.

RATTI, Carlo, BAKER, Nick, STEEMERS, Koen, Energy consumption and urban texture. Energy and buildings, V.37, pág 762-776, 2005.

TANIMOTO, Jun, An approach for coupled simulation of building thermal effects and urban climatology, Energy and Buildings, Volumen 36, Issue 8, 2004, Pág 781-793

TLS, IMAGENES DE RANGO, COLOR E INTENSIDAD

BARNEA, Shahar, Segmentation Of Terrestrial Laser Scanning Data By Integrating Range And Image Content, Congreso, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Beijing, Julio, 2008.

BOULAASSAL, H, Automatic Segmentation Of Building Facades Using Terrestrial Laser Data, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, September 12-14, Finland, 2007.

LERMA, José Luis, Clasificación multiespectral de imágenes digitales para el reconocimiento y caracterización de materiales y patologías en fachadas arquitectónicas, Tesis Doctoral, Departamento De Ingenieria Cartografica, Geodesia Y Fotogrametria, Universidad Politécnica De Valencia, 1999

NEUBAUER, W. Combined high resolution laser scanning and photogrammetrical documentation of the pyramids at giza, CIPA 2005 XX International Symposium, Torino, Italy, 2005

PFEIFERA, Norbert, Investigating Terrestrial Laser Scanning Intensity Data: Quality And Functional Relations, "International Conference on Optical 3-D Measurement Techniques VIII", ISBN: 3-906467-67-8, pág 328 – 337, 2007.

PU, Shi, Extracting Windows From Terrestrial Laser Scanning, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, Finland, 2007.

SEVILLA, Miguel J., Teoría de errores de observación, Instituto de Astronomía y Geodesia. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Complutense, Física de la Tierra, Núm. 5. Editorial Complutense. Madrid, 1993, pág 135.

TISEVICH, Ilya, Displacement and Normal Map Creation For Pairs of Arbitrary Polygonal Models Using GPU and Subsequent Model Restoration, Department of Computational Mathematics and Cybernetics Moscow State University, Moscow, Russia, 2007.

ULLRICH, Wagner, Gaussian Decomposition and Calibration of a Novel Small-Footprint Full-Waveform Digitising Airborne Laser Scanner. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volumen 60, Issue 2, Abril, 2006, Pág 100-112.

MODELOS PARAMETRICOS URBANOS

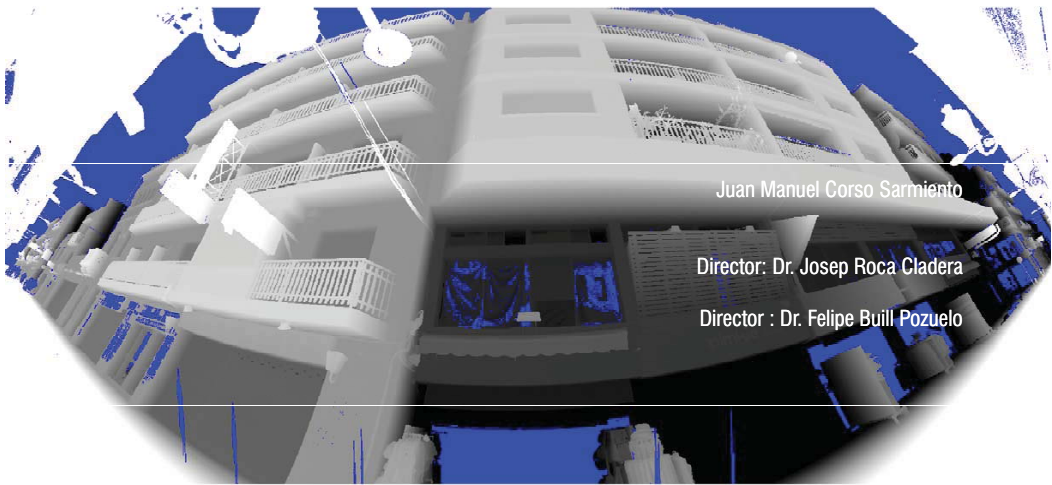
GUIDI, Gabriele, BERNARD, Fitscher., LUCENTI., Ignazio., Rome Reborn – Virtualizing The Ancient Imperial Rome, Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop, "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", ETH Zurich, Switzerland, 2007.

PARISH, Yoav, MÜLLER, Pascal. Procedural Modeling of Cities, Proceedings of ACM SIGGRAPH, 2001.

MÜLLER, Pascal, Design und Implementation einer Preprocessing Pipeline zur Visualisierung prozedural erzeugter Stadtmodelle, Tesis, Orientador: Markus Gross, Computer Graphics Laboratory ETH Zürich, Switzerland, 2001.

MÜLLER, Pascal, Prozedurales Modelieren einer Stadt, Tesis del primer semestre, Orientador: Markus Gross, Computer Graphics Laboratory ETH Zürich, Switzerland, 1999.

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO URBANO A PARTIR DE LA TECNOLOGÍA DE ESCÁNER
LÁSER TERRESTRE, ENFOCADO AL ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR.

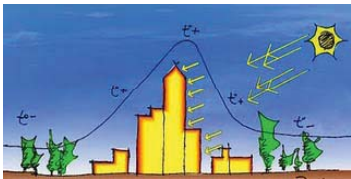


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA | DOCTORADO EN GESTIÓN Y VALORACIÓN URBANA Y ARQUITECTÓNICA | BARCELONA 2010

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.

● Introducción Estado del Arte Ámbito de estudio Viabilidad Metodología Calendario Bibliografía

“La tecnología debe ser social antes que técnica”
Michel Foucault



Isla de Calor Urbana



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA | DOCTORADO EN GESTIÓN Y VALORACIÓN URBANA Y ARQUITECTÓNICA | BARCELONA 2010

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.						
● Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	Viabilidad	Metodología	Calendario	Bibliografía

Objetivo General

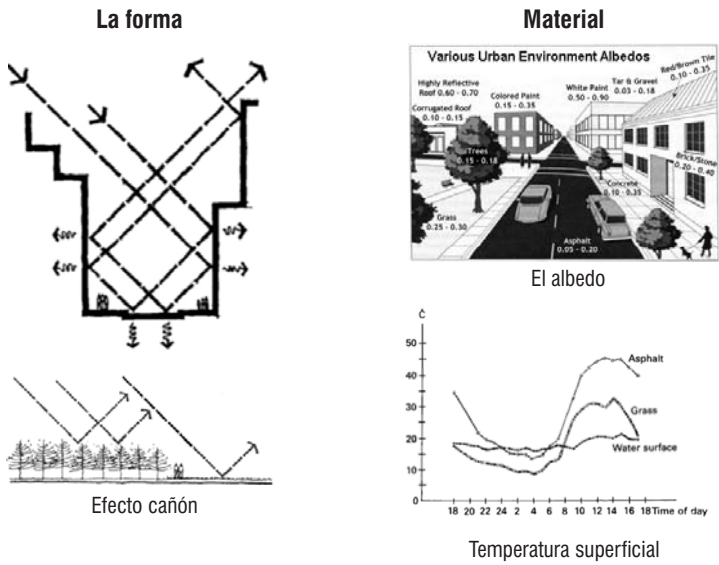
A través del análisis de “imágenes” provenientes de la tecnología de escáner láser Terrestre, generar un modelo paramétrico teórico, aproximado a la realidad, que permita el estudio por simulación de la radiación solar.

Hipótesis

Se plantea que la tecnología de escáner láser terrestre proporciona una información útil, para el análisis de la dimensión técnica de material, forma y energía de la radiación solar en el ámbito urbano-arquitectónico.

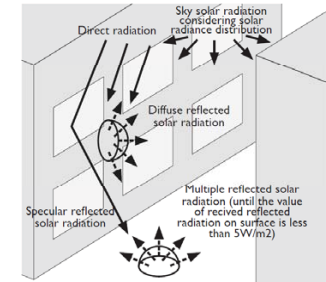
Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.						
● Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	Viabilidad	Metodología	Calendario	Bibliografía

Radiación solar

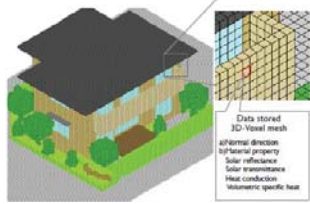


“las estructuras urbanas tienen múltiples caras: tejados, muros y calles, actúan como reflectores múltiples, absorbiendo la energía calorífica y reflejándola de nuevo hacia otras superficies, y así toda la ciudad acepta y almacena el calor” ¹

Caso de estudio de **Kazuaki Nakaohkubo**
Simulación de la radiación solar

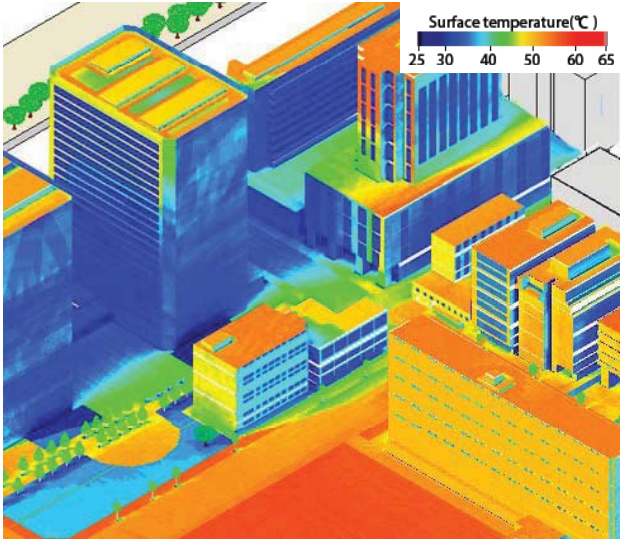


Esquema de calculo de la radiación solar



Malla Voxel

Simulación de los efectos del intercambio térmico de volúmenes con materiales y arboles

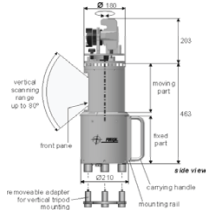


Distribución de temperaturas de las superficies (cielo despejado en verano a las 12:00 am) de un bloque urbano en Tokio

Tecnología de Escáner Láser Terrestre



RIEGL z420i



Alcance	2 a 350 m
Precisión	6mm@100m
Tipo de Láser	Clase 1
Campo Visual	80° x 360°
Puntos/ Posición	2.800.000 de puntos [0,1"] 7min
Cámara	Nikon D100
Imágenes/ Scan	10 [3.008x2.000pixels] 3 min

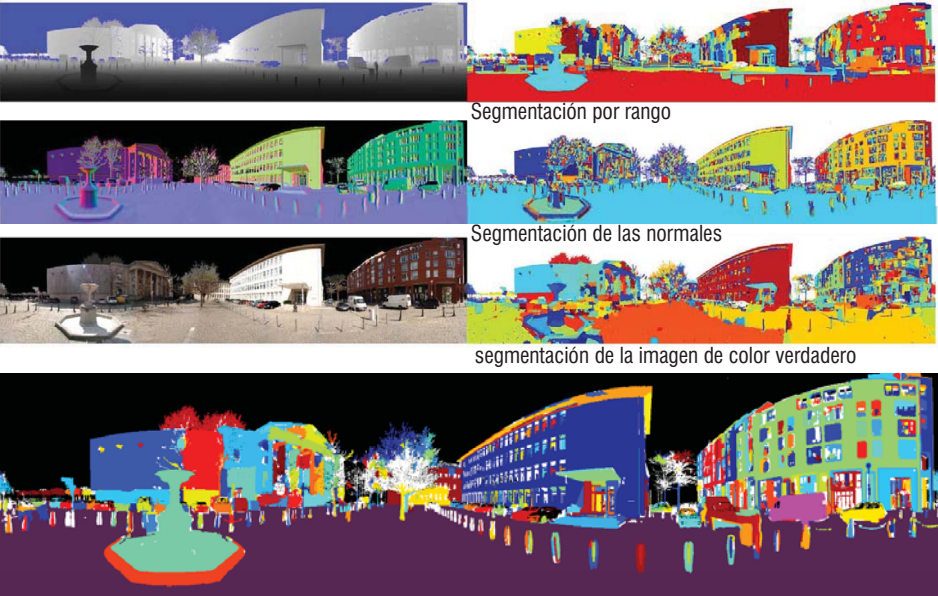
Modelos Urbanos de puntos



Levantamiento del Castillo de Santa Barbara
Fuente: Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad LMVC_UPC

Caso de estudio de **Shahar Barnea**

Segmentación de "imágenes" usando el algoritmo "mean-shift" (Comaniciu y Meer del 2002)

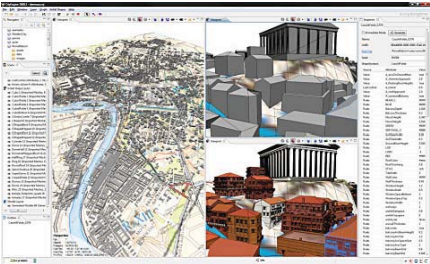


Resultado de la segmentación corregida, integrando las tres segmentación de rango, normales y color ⁷

Caso de estudio de **Pascal Müller**
Gestión de Modelos Paramétricos de Ciudad

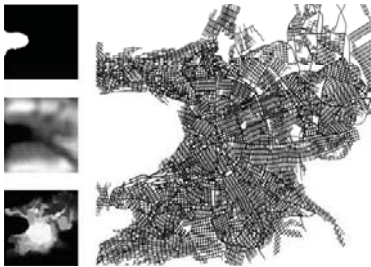
vocabulario de
formas y reglas

Modelo paramétrico basado en sistema-L



Ejemplo de gestión de modelos complejos
Proyecto **Roma Reborn** año 320 AD

Inputs



láser radar FM CW

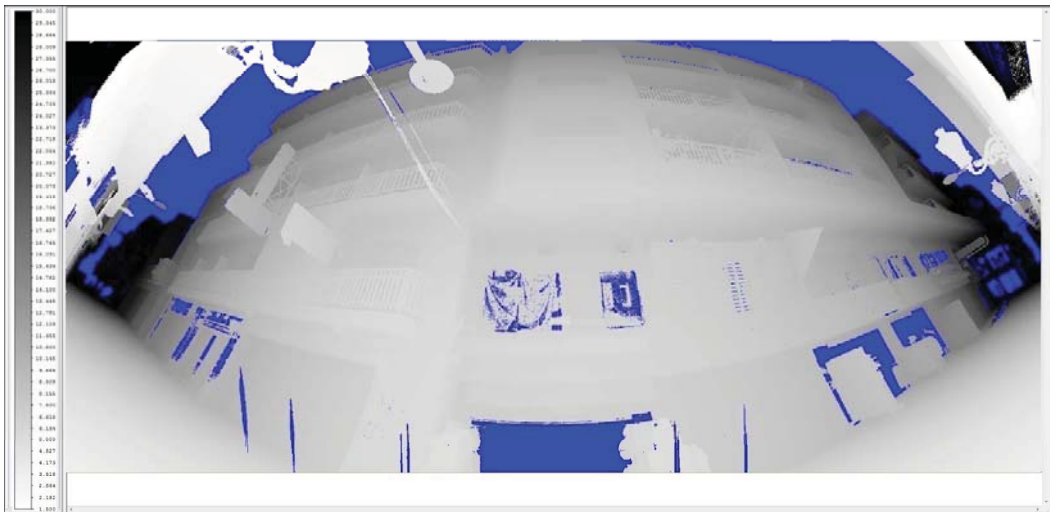
Casco Antiguo de **Lloret de Mar**



Plan Especial Casco Antiguo de **Lloret de Mar**

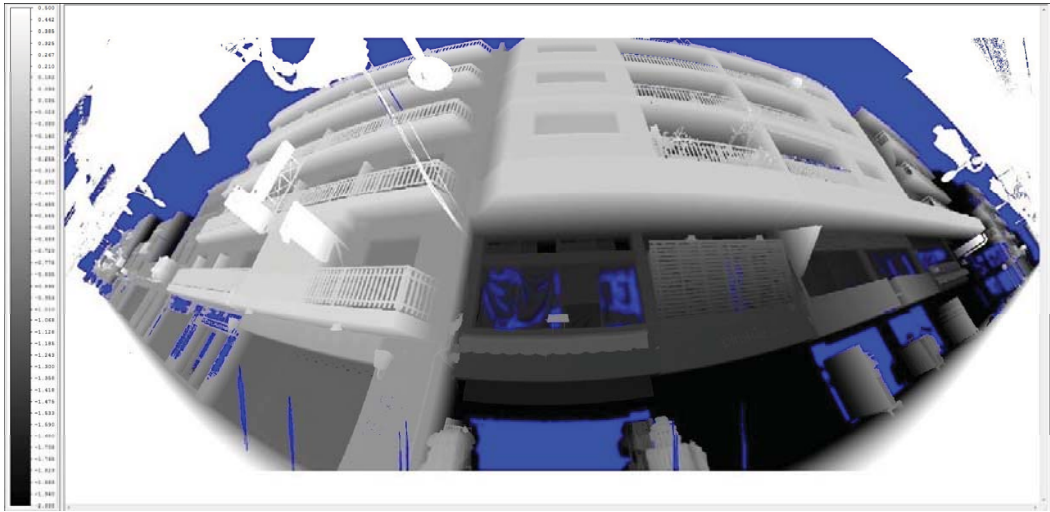


“Imágenes” de **rango – la forma**



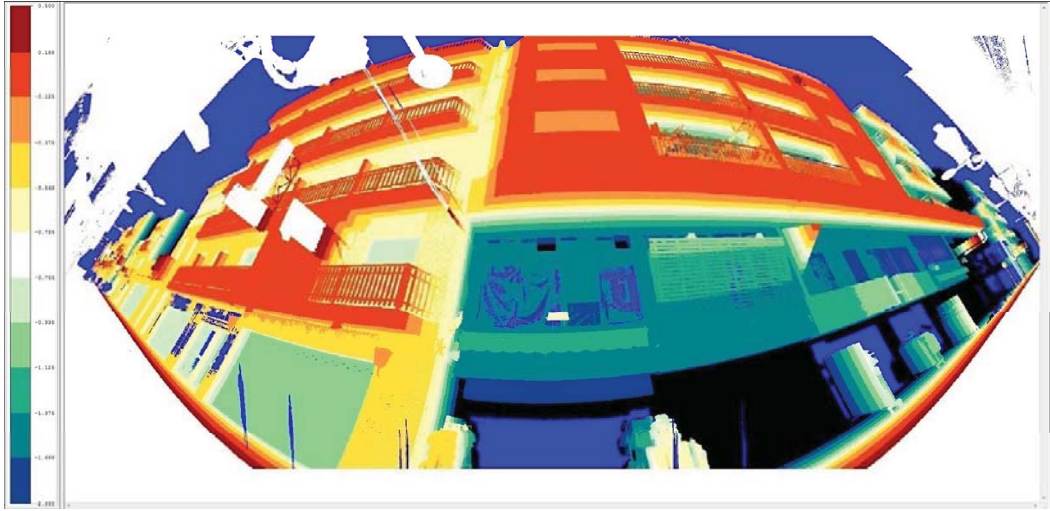
“IMAGEN” 2.5D DE RANGO, DISTANCIA AL **SENSOR**

“Imágenes” de rango – la forma



“IMAGEN” 2.5D DE RANGO, DISTANCIA A UN PLANO

“Imágenes” de rango – la forma



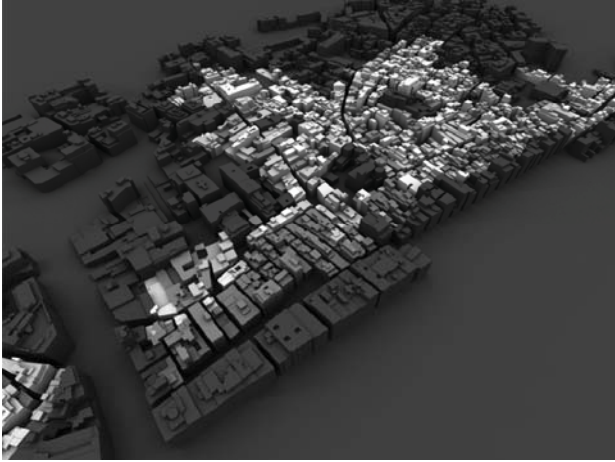
“IMAGEN” 2.5D DE RANGO, DISTANCIA A UN PLANO, FALSO COLOR

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.						
Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	● Viabilidad	Metodología	Calendario	Bibliografía

“Imágenes” de rango – la forma



IMAGEN 2.5 DE UN MODELO 3D



Modelo 3D a partir del catastro corregido con el Escáner Láser Terrestre

Renderizar en profundidades mediante el proceso de “z-buffering”, procesos de “raytracing”.
Relacionados a las matrices por posición del escáner láser.

Tesis de Máster: EXTRACCIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LA TECNOLOGÍA DE ESCÁNER LASER TERRESTRE.
Comparación de procesos de reducción poligonal relacionados con los mapas de desplazamiento.

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.						
Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	● Viabilidad	Metodología	Calendario	Bibliografía

“Imágenes” de reflectancia, color - material



INTENSIDAD O AMPLITUD

“Imágenes” de **reflectancia**, **color** - material



REFLECTANCIA

“Imágenes” de **reflectancia**, **color** - material



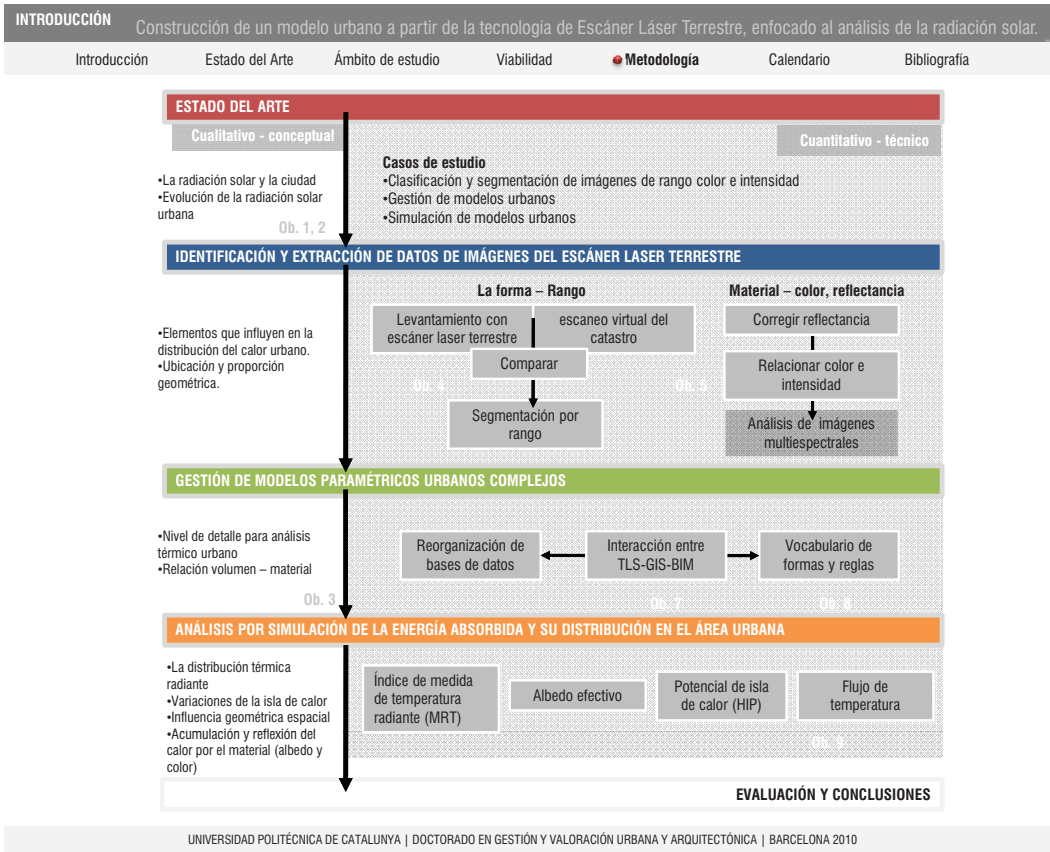
REFLECTANCIA, FALSO COLOR

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.						
Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	● Viabilidad	Metodología	Calendario	Bibliografía

“Imágenes” de **reflectancia, color - material**



COLOR FOTOGRÁFICO



Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.													
Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	Viabilidad	Metodología	Calendario	Bibliografía							
								</					

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar

SOSTENIBILIDAD, RADIACIÓN SOLAR

AKBARI, Hashem, "Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees," *Energy and Buildings - Special Issue on Urban Heat Islands and Cool Communities*, 25(2), 1997, págs. 139-148

BRETON, Françoise, Percepció pública i política del canvi climàtic a Catalunya (Documents de recerca; 14), consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, Puresa, S.A., Barcelona, 2008, ISBN 9788439378037, pág. 9-31

BRYAN, Harvey, Ph.D., A Simulation Tool For The Study Of Urban Heat Island Mitigation, SimBuild 2004, IBPSA-USA National Conference Boulder, CO, August 4-6, 2004

SANTAMOURIS, Mat. Energy and climate in the urban built environment. University of Athens, Greece. James & James (Science Publishers) Ltd, London, 2001

FLORES Tovar, Henry., BALDASANO Recio, José M., Procesamiento digital de imágenes de satélites para la obtención de mapas de radiación solar : Aplicación a Cataluña, Tesis elaborada dins el Programa de doctorat: Enginyeria ambiental Tesis doctoral-Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Projectes d'Enginyeria. 2001

HOUGH, Michael. Naturaleza y Ciudad. planificación urbana y procesos ecológicos. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. 2004. pág. 241-247

LOWRY, William R. The Climate of Cities. *Scientific American* 217. 1967. pág 15-23.

LOPEZ, Antonio, El clima urbano teledetección de la isla de calor en Madrid, ministerio de obras públicas, secretaria de estado para políticas de Agua y el medio ambiente, Madrid, 1993, pág 18-28

MEISS, Michael. The Climate Of Cities, en IAN C. Laurie (ed). Nature in Cities. Nueva York, 1979

RATTI, Carlo. Energy consumption and urban texture. Publicado en *Energy and buildings*. V.37. ISSN 0378-7788. 2005. pág 762-776.

SIMULACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

MUNEER, Tariq, Solar radiation & daylight efficient design of buildings, Architectural Press, Oxford, Boston, 1997

MONTEITH, J. H., Solar radiation and daylight: efficient design of buildings, Architectural Press, Oxford, Boston, 1997.

NAKAOKUBO, Kazuki, Development of support tool for outdoor thermal environmental design of urban/building using numerical analysis, International Building Performance Simulation Association IBPSA, Proceedings: Building Simulation, Beijing, China, 2007.

NAKAOKHUBO, Kazuki., Radiant Heat Transfer Model On 3d-Cad Based Thermal Environment Simulator And Its Applications To The Substantial Urban Area - Influence Of Spatial Geometry Of Urban Block On Effective Albedo And Sensible Heat Flux, The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, Julio 2009.

RATTI, Carlo. BAKER, Nick. STEEMERS, Koen. Energy consumption and urban texture. *Energy and buildings*. V.37, pág 762-776. 2005.

TANIMOTO, Jun, An approach for coupled simulation of building thermal effects and urban climatology, *Energy and Buildings*, Volumen 36, Issue 8, 2004, Pàg 781-793

Construcción de un modelo urbano a partir de la tecnología de Escáner Láser Terrestre, enfocado al análisis de la radiación solar.						
Introducción	Estado del Arte	Ámbito de estudio	Viabilidad	Metodología	Calendario	● Bibliografía

TLS, IMAGENES DE RANGO, COLOR E INTENSIDAD

BARNEA, Shahar, Segmentation Of Terrestrial Laser Scanning Data By Integrating Range And Image Content, Congreso, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Beijing, Julio, 2008.

BOULAASSAL, H, Automatic Segmentation Of Building Facades Using Terrestrial Laser Data, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, September 12-14, Finland, 2007.

LERMA, José Luis, Clasificación multispectral de imágenes digitales para el reconocimiento y caracterización de materiales y patologías en fachadas arquitectónicas, Tesis Doctoral, Departamento De Ingeniería Cartográfica, Geodesia Y Fotogrametría, Universidad Politécnica De Valencia, 1999

NEUBAUER, W, Combined high resolution laser scanning and photogrammetrical documentation of the pyramids at giza, CIPA 2005 XX International Symposium, Torino, Italy, 2005

PFEIFERA, Norbert, Investigating Terrestrial Laser Scanning Intensity Data: Quality And Functional Relations, "International Conference on Optical 3-D Measurement Techniques VIII", ISBN: 3-906467-67-8, pág 328 – 337, 2007.

PU, Shi, Extracting Windows From Terrestrial Laser Scanning, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, Espoo, Finland, 2007.

SEVILLA, Miguel J., Teoría de errores de observación, Instituto de Astronomía y Geodesia. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Complutense, Física de la Tierra, Núm. 5. Editorial Complutense. Madrid, 1993, pág 135.

TISEVICH, Ilya, Displacement and Normal Map Creation For Pairs of Arbitrary Polygonal Models Using GPU and Subsequent Model Restoration, Department of Computational Mathematics and Cybernetics Moscow State University, Moscow, Russia, 2007.

ULLRICH, Wagner, Gaussian Decomposition and Calibration of a Novel Small-Footprint Full-Waveform Digitising Airborne Laser Scanner. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volumen 60, Issue 2, Abril, 2006, Pág 100-112.

MODELOS PARAMETRICOS URBANOS

GUIDI, Gabriele, BERNARD, Fitscher., LUCENTI., Ignazio., Rome Reborn – Virtualizing The Ancient Imperial Rome, Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop, "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures", ETH Zurich, Switzerland, 2007.

PARISH, Yoav, MÜLLER, Pascal., Procedural Modeling of Cities, Proceedings of ACM SIGGRAPH, 2001.

MÜLLER, Pascal, Design und Implementation einer Preprocessing Pipeline zur Visualisierung prozedural erzeugter Stadtmodelle, Tesis, Orientador: Markus Gross, Computer Graphics Laboratory ETH Zürich, Switzerland, 2001.

MÜLLER, Pascal, Prozedurales Modellieren einer Stadt, Tesis del primer semestre, Orientador: Markus Gross, Computer Graphics Laboratory ETH Zürich, Switzerland, 1999.

